

Metodología para estimar la contaminación del aire producida por el consumo de combustible en el tránsito vehicular

Dante Andrés Barbero, Mauricio Ariel Barraza, Jimena de los Santos, Marisel Castronuovo, Gabriela Beatriz Álvarez<sup>3</sup>, Leandro Uría  
*estudios del hábitat* | (11) | JULIO 2010 | ISSN 0328-929X. | pp. 109-119

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA | FACULTAD DE ARQUITECTURA Y Urbanismo

# Metodología para estimar la contaminación del aire producida por el consumo de combustible en el tránsito vehicular

DANTE ANDRÉS BARBERO<sup>1</sup>, MAURICIO ARIEL BARRAZA<sup>2</sup>, JIMENA DE LOS SANTOS,  
MARISEL CASTRONUOVO, GABRIELA BEATRIZ ÁLVAREZ<sup>3</sup>, LEANDRO URÍA

## Resumen

Este trabajo tiene por objetivo presentar una metodología para estimar las emisiones de los principales contaminantes de origen vehicular que se producen en centros urbanos en áreas altamente transitadas. Dicha metodología permite, adoptando un enfoque analítico, calcular los kilogramos de los contaminantes que se emiten a partir de la realización de censos vehiculares (realizados a partir de la clasificación por tipo de vehículo), de la medición de los distintos segmentos de calles y del uso de una tabla de coeficientes de emisión.

A continuación se muestran los resultados obtenidos al aplicar esta metodología en la zona centro de la localidad de General Belgrano. Por último, se discutieron medidas para mejorar la situación.

PALABRAS CLAVE: Metodología, Estimación, Polución, Aire

## Abstract

This paper's main goal is to present a new methodology to estimate the major polluting emissions produced by vehicles in highly busy areas of urban centres. Based on an analytical approach, this methodology allows calculating the kilograms of pollution emitted using vehicular census data (taking into account the vehicle type), streets measurements, and emission coefficient tables.

The results shown below represent the data obtained by applying this methodology to General Belgrano's downtown area. Finally, several alternatives are discussed in this paper to improve the situation.

KEYWORDS: Methodology, Estimation, Pollution, Air.

<sup>1</sup> Investigador del CONICET. E-mail: dantebarbero@yahoo.com.ar.

<sup>2</sup> Estudiante de la carrera de Tecnicatura Superior en Administración Pública Municipal en el ISFDyT N.º 74. E-mail: mauricioariel.85@gmail.com, jimedelo@hotmail.com.

<sup>3</sup> Docente ISFDyT N.º 74. E-mail: gabilvar@yahoo.com.ar, urialeandreal@yahoo.com.ar.

El presente trabajo se inscribe en el marco de los desarrollos planteados por el Proyecto «Estimación de la contaminación del aire producida por el tránsito vehicular» llevado a cabo en el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N.º 74 de General Belgrano. El citado proyecto tenía por objetivo calcular aproximadamente la cantidad de emisiones de los principales contaminantes producidos por el tránsito vehicular, principalmente, en las horas de mayor circulación en la zona centro.

Para poder llevar a cabo el proyecto se debieron superar una serie de problemas tales como:

- en primer lugar, la dificultad acerca de cómo modelizar el comportamiento de fuentes de emisión móviles (vehículos) de distinto tipo (autos, camionetas, micros y camiones) y que emplean distintos tipos de combustible (nafta, gasoil y GNC).
- En segundo lugar, dado que este trabajo está pensado para analizar áreas altamente transitadas, la metodología a aplicar no debía requerir detener los vehículos para consultar a los conductores acerca del combustible utili-

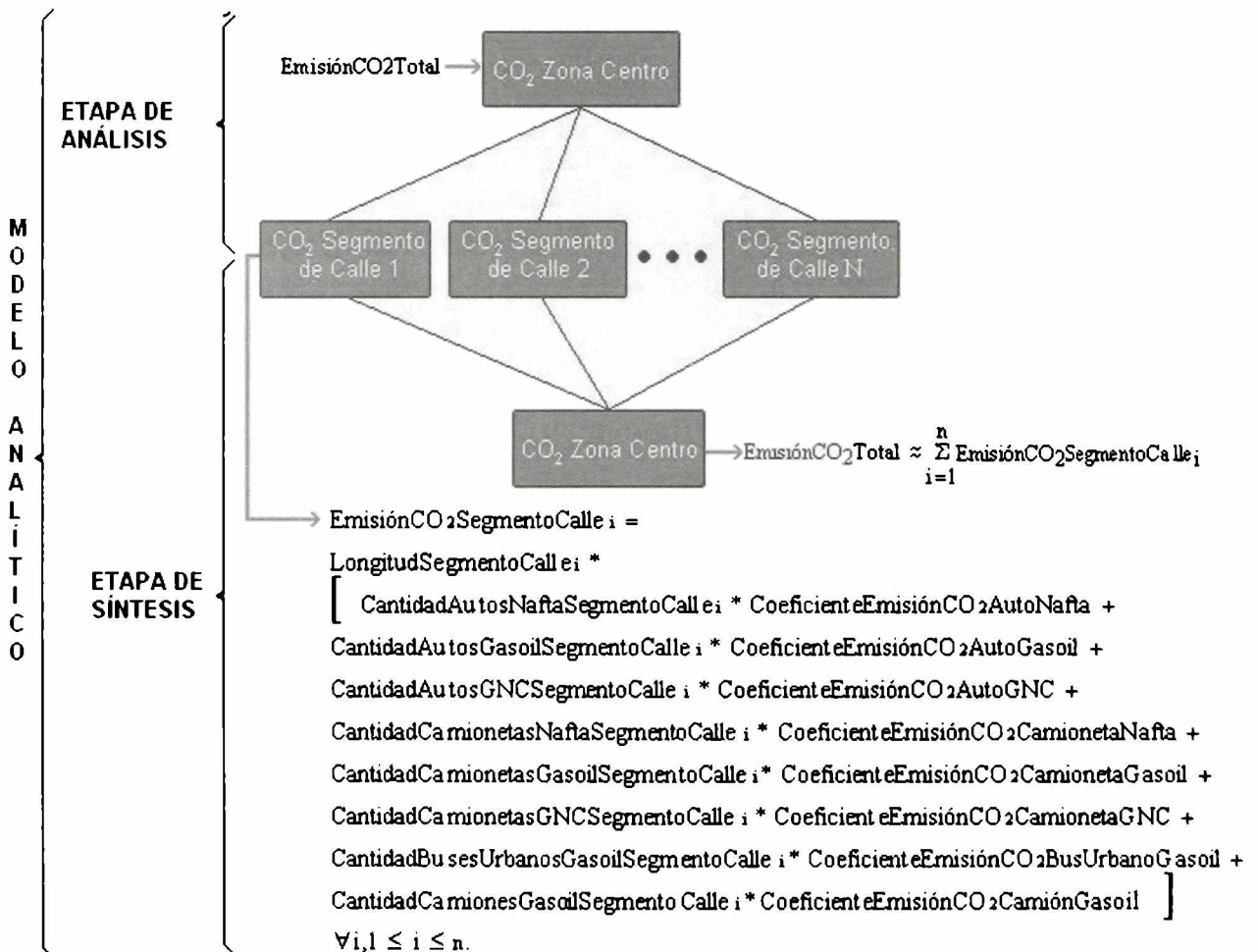
zado ya que esto ocasionaría una gran congestión en el lugar.

En base a los problemas antes enumerados se propuso como objetivo de este trabajo el desarrollo de una metodología para estimar las emisiones de contaminantes de origen vehicular que se producen en centros urbanos en áreas muy transitadas que den respuesta a los dos problemas antes citados.

### Metodología

Dada la naturaleza del problema, se observó que el mismo podía ser descompuesto en subproblemas similares más pequeños, de más fácil resolución. Por tanto, se implemento un enfoque analítico como metodología de trabajo para resolverlo. Este enfoque, como se sabe, consta de dos partes: análisis y síntesis. En la etapa de análisis se descompone el problema original en una serie de problemas más pequeños, y se procede a resolver cada uno de estos. La etapa de síntesis, consiste en tomar las soluciones obteni-

Figura 1. Modelo analítico del problema a resolver para un contaminante en particular (CO2).



Fuente: elaboración propia.

das en la etapa de análisis y combinarlas para poder llegar a resolver el problema completo.

Los subproblemas consisten en este caso en estimar las emisiones correspondientes a cada segmento de calle en particular. Se muestra la descomposición del problema original (Figura 1) para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El cálculo correspondiente a los otros contaminantes es similar, excepto que cambian los coeficientes de emisión.

Como consecuencia de descomponer el problema en subproblemas más pequeños se llegó a la expresión matemática que estima las emisiones de cada contaminante para cada segmento de calle. Se muestra a continuación la fórmula correspondiente a la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> para cada segmento de calle (Figura 2).

Se deduce a partir de la fórmula en la Figura 1 que estima las emisiones de dióxido de carbono

y de la fórmula de la Figura 2 que estima las emisiones de metano que, efectivamente, solo difieren en los valores correspondientes a los coeficientes de emisión.

Previo al cálculo de las emisiones se debe, además de contar con una tabla de coeficientes de emisión (Tabla 1), elaborar un mapa detallando cada uno de los segmentos de calles a medir y crear una planilla para la realización de los censos vehiculares. Cada planilla deberá contar por un lado, autos y camionetas y por otro, buses urbanos y camiones.

Una vez obtenidas las mediciones de los segmentos de calle y los resultados de los censos realizados se procede a calcular las emisiones (siguiendo los lineamientos de la fórmula de la Figura 2) usando la tabla de coeficientes que se presenta a continuación (Tabla 1).

**Figura 2. Expresión matemática resultante para la estimación de la emisión de CH<sub>4</sub> correspondiente a un segmento de calle.**

$$\text{EmisiónCH}_4\text{Total} = \sum_{i=1}^n \text{EmisiónCH}_4\text{SegmentoCalle}_i$$

$$\text{EmisiónCH}_4\text{SegmentoCalle}_i =$$

$$\text{LongitudSegmentoCalle}_i * \left[ \begin{array}{l} \text{CantidadAutosNaftaSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{AutoNafta} + \\ \text{CantidadAutosGasoilSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{AutoGasoil} + \\ \text{CantidadAutosGNCSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{AutoGNC} + \\ \text{CantidadCamionetasNaftaSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{CamionetaNafta} + \\ \text{CantidadCamionetasGasoilSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{CamionetaGasoil} + \\ \text{CantidadCamionetasGNCSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{CamionetaGNC} + \\ \text{CantidadBusesUrbanoGasoilSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{BusUrbanoGasoil} + \\ \text{CantidadCamionesGasoilSegmentoCalle}_i * \text{CoeficienteEmisiónCH}_4\text{CamiónGasoil} \end{array} \right]$$

$$\forall i, 1 \leq i \leq n.$$

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1. Emisiones para los distintos tipos de vehículos y por cada tipo de combustible.**

Vehículo	Tipo combustible	Valor promedio de consumo litros/100km	Consumo en litros/km	CO <sub>2</sub> (kg/km)	CO	CH <sub>4</sub> (kg/km)	COVDM (kg/km)	NO <sub>x</sub> (kg/km)	N <sub>2</sub> O (kg/km)
Autos	Nafta	7JD7	0070700	0,154454	0,029267	0,000068	0 003377	0 001351	0 000002
	Diesel Oil	538	0 053800	0,145347	0,000595	0,000004	0,000139	0 000595	0000008
	GNC n	637	0 063700	0,122793	0,001592	0,001393	0,000199	0,00084	0
Camionetas	Nafta	625	0 062500	0,136566	0,016522	0 00004	0002787	0 001393	0 000002
	Diesel Oil	603	0060300	0,162907	0,000889	0,000002	0,000222	0 000889	0000009
	GNC n	7.45	0 074500	0,143612	0,001862	0,001629	0,000233	0 000983	0
Buses	Gas Oil	37,5	0 375000	0 992267	0,012179	0,000081	0002706	0013532	0 000041
Camiones	Gas Oil	31,5	0 315000	0 033504	0,01023	0,000068	0 002273	0011367	0 000034

O El GNC está expresado en metros cúbicos en lugar de litros.

Fuente: datos usados en el trabajo de Aón (Aon et al. 2003), gentileza de la autora.

Como se observa en la tabla anterior, no se han tenido en cuenta buses urbanos ni camiones a GNC dado que el transporte urbano de pasajeros en general, y en particular en el área estudiada, es de ciclo diesel, en consecuencia dicho proceso termodinámico no admite conversión a GNC salvo cambio de la planta motriz del vehículo a ciclo nafta.

La metodología aquí presentada es de carácter general y aplicable a diferentes centros urbanos. No obstante, se debe tener en cuenta que, por ejemplo, el valor promedio de consumo para autos nafteros difiere entre distintas regiones debido a que autos con motores más grandes tendrán un consumo mayor.

Lo mismo acontece si el vehículo posee algún dispositivo para reducir emisiones (como por ejemplo catalizadores). Si este fuera el caso, los coeficientes variarían. Por lo tanto, los datos de la tabla anterior son de carácter general y deberán ser adaptados, en caso de ser necesario, a los datos de los vehículos del área bajo estudio.

### Caso de estudio: Zona Centro de la localidad de General Belgrano

La metodología presentada fue aplicada en la localidad de General Belgrano, ciudad de la zona

centro de la provincia de Buenos Aires que tiene una población aproximada de unos 17.000 habitantes. Dentro de esta localidad, se tomó como área de estudio a la zona del centro del casco urbano.

La misma se caracteriza por ser una gran manzana con un perímetro superior al kilómetro de longitud, alrededor de la cual circulan vehículos en ambas direcciones. Ambos sentidos de circulación están separados por lugares de estacionamiento a lo largo de todo el recorrido. Puede observarse que existen ocho calles que permiten ingresar al centro y otras ocho que permiten salir de él, resaltadas con flechas blancas (Figura 3).

El problema a resolver, la estimación de la contaminación del aire producida por el tránsito vehicular en la zona centro, puede dividirse para este caso en particular en treinta subproblemas más pequeños, todos ellos de naturaleza similar. Estos subproblemas consisten en estimar las emisiones correspondientes a cada segmento de calle en particular.

A los efectos de recabar información acerca de la longitud de los segmentos de calle se procedió a medir cada uno de ellos utilizando cintas métricas. Pueden observarse los resultados obtenidos en la Figura 4.

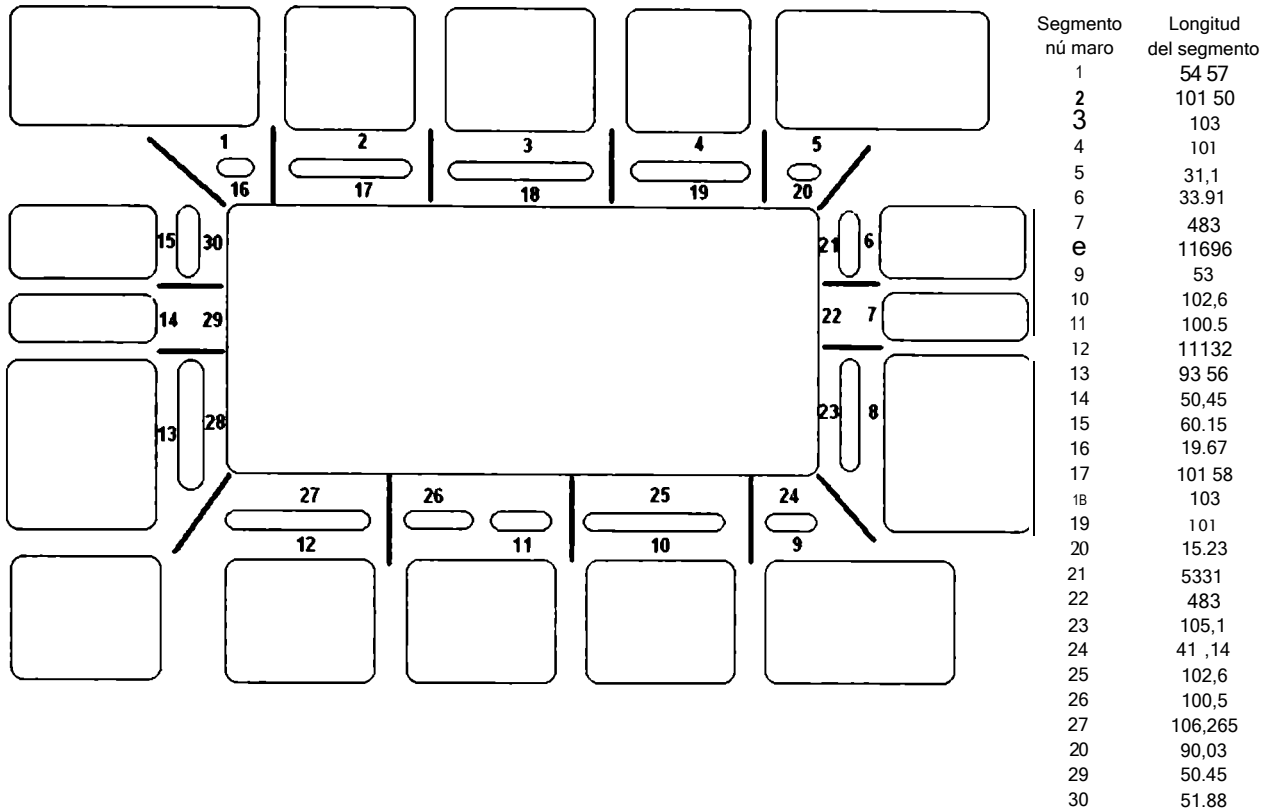
Por otra parte se realizaron dos censos vehiculares que se llevaron a cabo los días 1/8/2008 de 16.30 a 18.30 hs. y 9/8/2008 de 19.00 a 21.00 hs.

Figura 3. Delimitación del área de estudio.



Fuente: Google Earth.s

Figura 4. Mapa que detalla cada uno de los 30 segmentos de calles considerados y su longitud en metros.



Fuente: Elaboración propia.

Cada uno se efectuó por un período de dos horas consecutivas divididas en intervalos de 15 minutos.

El último censo se realizó un día sábado; eligiendo el intervalo horario aportado por un relevamiento realizado consultando a los comerciantes de la zona, destacando los datos brindados por un informante calificado, Ricardo Firmani, dueño de un local de videojuegos en el centro, el cual permanece abierto los días de fin de semana, quien nos señaló el día y la franja horaria «pico» en cuanto a circulación de vehículos. De ese modo, se pudo obtener una medida representativa de lo que acontece los días

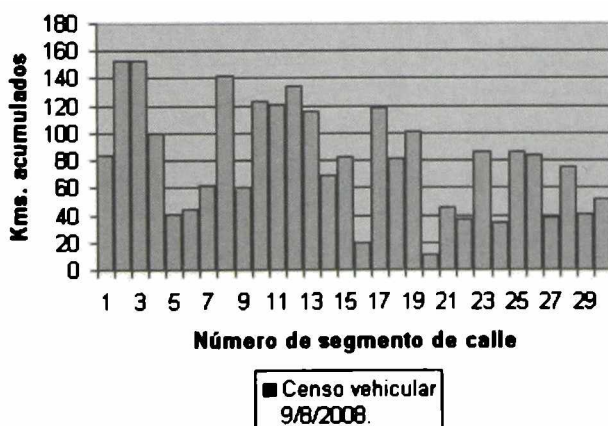
de fin de semana principalmente, en las horas de mayor circulación.

A partir de los datos obtenidos provenientes de las mediciones de los segmentos de calle, de los censos vehiculares y de la tabla de coeficientes de emisión, se procedió entonces a calcular la contaminación del sector bajo estudio.

## Resultados obtenidos

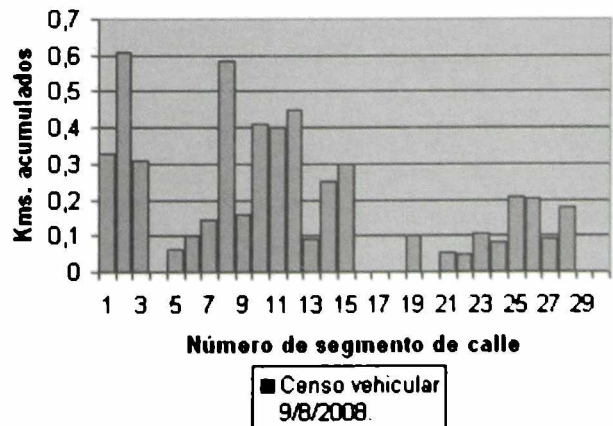
Esta etapa comenzó con el paso de los datos obtenidos de las mediciones de los segmentos

Figura 5. Kilómetros acumulados por los vehículos livianos (autos y camionetas) por cada segmento de calle.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Kilómetros acumulados por los vehículos pesados (buses urbanos y camiones) por cada segmento de calle.



Fuente: Elaboración propia.

de calles y la información de los censos vehiculares a una hoja de cálculo para facilitar el análisis de los mismos.

Dado que el área fue dividida en treinta segmentos de calle, era necesario contar con igual número de personas para registrar los vehículos que pasaban por cada segmento. Como el número de personas que asistieron fue menor a treinta en ambos censos, los datos correspondientes a los segmentos que no fueron censados se estimaron promediando los segmentos anterior y siguiente censados.

Puede observarse los kilómetros acumulados por autos y camionetas en función del número de segmento para el censo del día 9/8/2008 en la Figura 5.

Análogamente, puede observarse en la Figura 6 los kilómetros acumulados por micros urbanos y camiones en función del número de segmento. El bajo número de kilómetros recorridos por estos vehículos se debe a que no se permite su circulación por el centro de la ciudad. No obstante, algunos conductores ignoran esa medida.

A partir de conocer la longitud de cada segmento de calle y saber la cantidad de vehículos que por allí pasaron, se calcularon los kilómetros recorridos multiplicando el número de vehículos por la longitud de cada segmento. Luego, al sumar todos los kilómetros correspondientes a cada uno de los seg-

**Tabla 2. Distribución de los kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo en cada uno de los censos.**

		Recorrido en kms.
Censo 1	Autos y camionetas	941,1014
	Ómnibus urbanos y camiones	1,7172
Censo 2	Autos y camionetas	2442,7283
	Ómnibus urbanos y camiones	5,4000

Fuente: Elaboración propia.

mentos, se pudo obtener los kilómetros recorridos por todos los autos y camionetas por un lado, y por otro lado, los kilómetros recorridos por los micros urbanos y camiones en cada censo (Tabla 2).

Una vez conocida la cantidad de kilómetros que recorrieron las dos categorías de vehículos (autos y camionetas por un lado y micros y camiones por otro), fue necesario averiguar cuántos de esos kilómetros habían sido recorridos por los distintos tipos de vehículos y para cada tipo de combustible. Para ello se contaba con información a nivel nacional del Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente (1997) en la que se conocía la cantidad de unidades de los distintos tipos de vehículos y para cada tipo de combustible. Para cada tipo posible se informaba también el recorrido promedio anual (en kilómetros) de un vehículo con esas características.

**Tabla 3. Kilómetros recorridos por los distintos tipos de vehículos livianos y por cada combustible y su porcentaje relativo respecto al total de kilómetros recorridos (Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 1997).**

	Tipo de combustible	Cantidad (unidades)	Recorrido promedio (kms./año)	Total kms. recorridos	Porcentaje
Autos	nafta	4273000	12500	53412500000	57,9537563
	gasoil	490000	13000	6370000000	6,91159238
	GNC	139000	16000	2224000000	2,41308971
Camionetas	nafta	282000	15000	4230000000	4,58964455
	gasoil	520000	35000	18200000000	19,7474068
	GNC	281000	27500	7727500000	8,38451022
	<b>Totales</b>			<b>92164000000</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

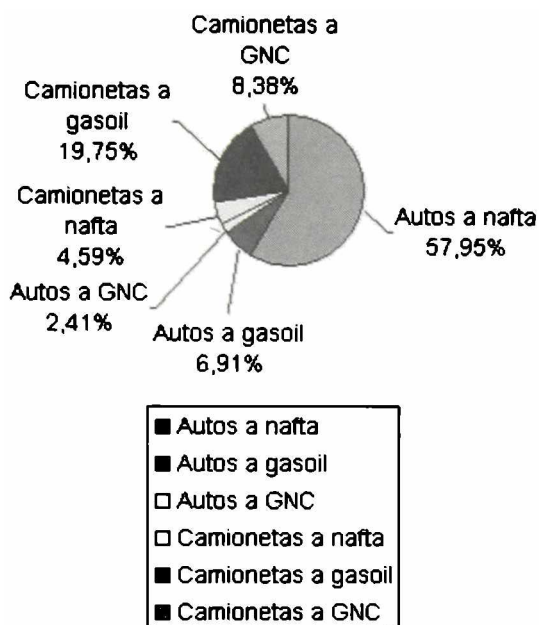
**Tabla 4. Kilómetros recorridos por los distintos tipos de vehículos pesados y por cada combustible y su porcentaje relativo respecto al total de kilómetros recorridos (Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 1997).**

	Tipo de combustible	Cantidad (unidades)	Recorrido promedio (kms./año)	Total kms. recorridos	Porcentaje
Buses urbanos	gasoil	32000	72000	2304000000	11,6989946
Camiones	gasoil	235000	74000	17390000000	88,3010054
	<b>Totales</b>			<b>19694000000</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, lo que se hizo, fue calcular los kilómetros recorridos totales para cada tipo de vehículo y por cada tipo de combustible como el producto entre la cantidad de vehículos de cada clase y el recorrido promedio anual correspondiente (Tablas 3 y 4).

**Figura 7. Distribución relativa de los kilómetros recorridos por vehículos livianos y para cada tipo de combustible (Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 1997). Elaboración propia.**



Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos de las Tablas 2 y 3 se puede apreciar la distribución relativa de los vehículos livianos fcor tipo de combustible utilizado (Figura 7).

Las tablas 3 y 4 permitieron obtener el porcentaje de kilómetros recorridos para cada tipo de vehículo y por cada tipo de combustible. Estos porcentajes fueron luego aplicados a los kilómetros recorridos durante los censos vehiculares, ya que durante la realización de los mismos no se detuvo la marcha de los vehículos para consultarles a los conductores acerca del combustible que utilizaban.

De ese modo, se calcularon los kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo y para cada tipo de combustible aplicando los porcentajes anteriores. En este punto, la tarea restante fue multiplicar los kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo y cada tipo de combustible por el factor de emisión correspondiente. Se observa en la Tabla 1 las emisiones en kilogramos/kilómetro para cada tipo de vehículo y combustible utilizado y los valores promedio de consumo considerados.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 5, 6, 7 y 8; donde pueden observarse los kilogramos emitidos de cada contaminante en función del tipo de vehículo y combustible utilizado. Obsérvese además, que el total de emisiones de CO<sub>2</sub> en el segundo censo asciende a más de 370 kilogramos tan solo en dos horas, superando en más del doble la cifra obtenida en el primer censo.

Se analizó también la participación relativa de cada contaminante respecto al total de emisiones (Figuras 8 y 9) resultando ser que por amplio margen, como era de suponer, las emisiones de CO<sub>2</sub> sumaron más que el resto de las emisiones juntas. Incluso, el margen sería todavía más amplio

**Tabla 5. Emisiones en kilogramos por cada tipo de vehículo liviano y para cada tipo de combustible correspondientes al primer censo.**

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 1	Emisiones CO <sub>2</sub> (kg)	Emisiones CO (kg)	Emisiones CH <sub>4</sub> (kg)
Autos	nafta	57,95375635	545,4036	84,23976775	15,96232718	0,037087445
	gasoil	6,911592379	65,0451	9,454108879	0038701829	0 00026018
	GNC	2,41308971	22,7096	2,788582437	0036153716	0,031634501
Camionetas	nafta	4,589644547	43,1932	5 398723666	0,713638185	0,001727728
	gasoil	19,7474068	185,8431	30 2 751448	0,165214532	0,000371686
	GNC	8,384510221	78,9067	11,33195495	0,146924352	0,128539082
T ótales		100	941,1014	143,9882825	17J0629598	0,199620623

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 1	Emisiones COVDM (kg)	Emisiones NOx (kg)	Emisiones N <sub>2</sub> O (kg)
Autos	nafta	57,95375635	545,4036	1 04182796	0,736840265	0j00109081
	gasoil	6,911592379	65,0451	0,009041268	0038701829	0 00052036
	GNC	2,41308971	22,7096	0,004519214	0 JD19076G81	<b>opooooo</b>
Camionetas	nafta	4,589644547	43,1932	0,120379471	OjO60168139	0 00008639
	gasoil	19,7474068	185,8431	0,041257172	0,165214532	0 00167259
	GNC	8,384510221	78,9067	0,018385271	0 077565327	<b>opooooo</b>
T ótales		100	941,1014	2,035410356	1JD97566173	0 00337014

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6. Emisiones en kilogramos por tipo de vehículo pesado correspondientes al primer censo.**

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 1	Emisiones CO2 (kg)	Emisiones CO (kg)	Emisiones CH4 (kg)
Buses urbanos	gasoil	11	69899462	0,200898645	0,199345096	0,002446745
Camiones	gasoil	88	30100538	1,516331355	1 263868249	0,01551207
T ótales		100	1,71723	1,46321335	0,017958814	0 00011938

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 1	Emisiones COVDM (kg)	Emisiones NOx (kg)	Emisiones N2O (kg)
Buses urbanos	gasoil	11	69899462	0,200898645	0,000543632	0,00271856
Camiones	gasoil	88	30100538	1,516331355	0,003446621	0,017236139
T ótales		100	1,71723	0,003990253	0,01995470	0,00005979

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7. Emisiones en kilogramos por cada tipo de vehículo liviano y para cada tipo de combustible correspondientes al segundo censo.**

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 2	Emisiones CO2 (kg)	Emisiones CO (kg)	Emisiones CH4 (kg)
Autos	nafta	57	35375635	1415 152807	218 0532387	41,43191071
	gasoil	6,91	1592379	168 031423	24,53914084	0,100454697
	GNC	2,41	308971	58 34522524	7 238061043	0,093840799
Camionetas	nafta	4,58	9644547	112,1125462	15,31076199	1,852323488
	gasoil	19,74	74068	482,3754943	78,58234466	0,428831814
	GNC	8,38	4510221	204 1810804	29,41328918	0,381357717
T ótales		100	2442,7283	373,7368364	44,28871922	0 52986657

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 2	Emisiones COVDM (kg)	Emisiones NOx (kg)	Emisiones N2O (kg)
Autos	nafta	57	35375635	1415 152807	4,78065953	1,912546943
	gasoil	6,91	1592379	168 031423	0,0234675 7	0,100454697
	GNC	2,41	308971	58 34522524	0,01173010	0,049513989
Camionetas	nafta	4,58	9644547	112,1125462	0,31245767	0,156172777
	gasoil	19,74	74068	482,3754943	0,10708736	0,428831814
	GNC	8,38	4510221	204 010804	0,04772092	0,20132902
T ótales		100	2442,7283	5,28312314	2,84884924	0,008747562

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8. Emisiones en kilogramos por tipo de vehículo pesado correspondientes al segundo censo.**

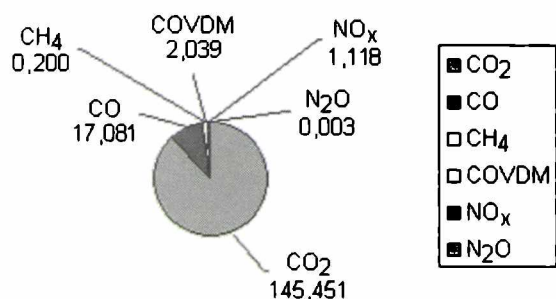
		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 2	Emisiones CO2 (kg)	Emisiones CO (kg)	Emisiones CH4 (kg)
Buses urbanos	gasoil	11	69899462	0 3317	0 J6 2685 9259	0,007694017
Camiones	gasoil	88	30100538	4,7682	3 374351664	0,048779151
		100	5,4000	4 J601210923	0,056473168	0 00037541

		Porcentaje	Kms. recorridos Censo 2	Emisiones COVDM (kg)	Emisiones NOx (kg)	Emisiones N2O (kg)
Buses urbanos	gasoil	11	69899462	0J6317	0,00170950	0,00854877
Camiones	gasoil	88	30100538	4,7682	0,01083822	0,05420065
		100	5,4000	0,01254772	0,06274941	0,00018802

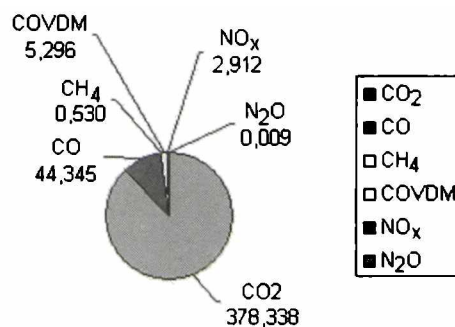
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8. Distribución de contaminantes (en kilogramos) en el censo vehicular del día 1/8/2008.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9. Distribución de contaminantes (en kilogramos) en el censo vehicular del día 9/8/2008.**



Fuente: Elaboración propia.



si tenemos en cuenta que las emisiones de CH<sub>4</sub> (metano) deben multiplicarse por 21 si se las quiere transformar a emisiones equivalentes en CO<sub>2</sub> por lo que la diferencia relativa entre CO<sub>2</sub> y el resto sería aún mayor.

Hay que tener en cuenta, además, que para estimar de manera más realista las emisiones producidas por el transporte vehicular debemos considerar también las emisiones asociadas a la construcción de cada vehículo. En efecto, y tal como señala Alfonso Sanz Alduán:

Para ilustrar la importancia de lo que no es estrictamente circulación en el ciclo global del transporte, cabe señalar que la fabricación de un automóvil medio, de una tonelada de peso, requiere de una serie de procesos productivos a los que corresponde una emisión a la atmósfera de 15 toneladas de CO<sub>2</sub>. Esta cifra se hace plenamente significativa si se tiene en cuenta que a lo largo de

su vida útil (140.000 km.) la emisión de CO<sub>2</sub> ascenderá a 45 toneladas; y que para su tratamiento como residuo hará falta emitir otras 6 toneladas de dióxido de carbono. En definitiva, antes de que su propietario arranque el motor por primera vez, se habrá lanzado ya a la atmósfera más del 22% de las emisiones de CO<sub>2</sub> que generará el automóvil a lo largo de todo su ciclo de vida». (Sanz Alduán, 1999)

A partir de observar los valores obtenidos al aplicar la metodología y considerando la observación anterior, y teniendo en cuenta que tanto el CO<sub>2</sub> como el CH<sub>4</sub> y el NO<sub>x</sub> son gases de efecto invernadero, el equipo de trabajo entendió que era necesario advertir a la comunidad acerca de la situación, motivo por el cual se realizó un volante (Figura 9) cuyo objetivo principal fue concientizar al ciudadano común. Para ello se acordó que el mismo debía ser redactado de ma-

**Figura 10. Diseño del volante creado para concientizar acerca de la contaminación producida por el uso del transporte automotor.**

¿Sabías que....?

Si recorres una cuadra en un auto, este emite los siguientes gramos de contaminantes:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Si es NAFTERO:             <ul style="list-style-type: none"> <li>15,4 gramos de CO<sub>2</sub> por cuadra</li> <li>2,9 gramos de CO por cuadra</li> <li>0,007 gramos de CH<sub>4</sub> por cuadra</li> <li>0,3 gramos de COVDM por cuadra</li> <li>0,1 gramos de NO<sub>x</sub> por cuadra</li> <li>0,0002 gramos de N<sub>2</sub>O por cuadra</li> </ul> </li> <li>&gt; Si es GASOLERO             <ul style="list-style-type: none"> <li>14,5 gramos de CO<sub>2</sub> por cuadra</li> <li>0,06 gramos de CO por cuadra</li> <li>0,0004 gramos de CH<sub>4</sub> por cuadra</li> <li>0,014 gramos de COVDM por cuadra</li> <li>0,06 gramos de NO<sub>x</sub> por cuadra</li> <li>0,0008 gramos de N<sub>2</sub>O por cuadra</li> </ul> </li> <li>&gt; Con GNC             <ul style="list-style-type: none"> <li>123 gramos de CO<sub>2</sub> por cuadra</li> <li>0,16 gramos de CO por cuadra</li> <li>0,13 gramos de CH<sub>4</sub> por cuadra</li> <li>0,02 gramos de COVDM por cuadra</li> <li>0,08 gramos de NO<sub>x</sub> por cuadra</li> <li>0,0 gramos de N<sub>2</sub>O por cuadra</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono)</li> <li>CO (monóxido de carbono)</li> <li>CH<sub>4</sub> (metano)</li> <li>COVDM (compuestos orgánicos volátiles distintos del metano)</li> <li>NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)</li> <li>N<sub>2</sub>O (óxido nitroso)</li> </ul> <p>Ahora pensá lo siguiente:</p> <p>Si en un micro viajan 50 personas, éste emite, entre otros gases, 0,09926 gramos de CO<sub>2</sub> por cuadra</p> <p>En cambio, si estas 50 personas viajaran cada una en su vehículo particular a GNC, las emisiones de CO<sub>2</sub> serían: 50 x 0,0122793 = 0,613965 gramos de CO<sub>2</sub> por cuadra.</p> <p>Por lo tanto, si dividimos 0,613965 por 0,09926 nos da 6,185^es decir, el transporte público es más de 6 veces más eficiente que el transporte privado.</p> <p>Moraleja: Usá el transporte público !!!</p> |
|--|--|

Tal vez estos datos te parezcan INSIGNIFICANTES, te proponemos que los multipliques por la cantidad de autos que hay en el mundo, y por la cantidad de cuadras que estos suelen recorrer, y SACA TUS PROPIAS CONCLUSIONES.....

NO TE PARECE IMPORTANTE PENSAR EN CAMBIAR DE HABITO .???

ISFDyT N° 74 (General Balgrano)

Fuente: Elaboración propia.

ñera muy clara y entendible a los efectos de poder ser interpretado por la mayor audiencia posible.

Se espera que la difusión del volante pueda hacer reflexionar a la comunidad para que la misma adopte una postura más acorde con la realidad.

## Conclusiones

La metodología ha demostrado ser útil para estimar las emisiones de los distintos contaminantes puesto que:

- permitió subsanar el inconveniente que plantea el hecho de modelizar la contaminación emitida por fuentes de emisión móviles puesto que, en realidad, no importa si un vehículo pasa antes o después de otro por un lugar ya que por cada segmento que transite aparecerá registrado y, si pasa por allí en más de una ocasión, aparecerá en los censos más de una vez. Así, como se sabe la longitud de cada segmento de calle, es posible calcular las emisiones sumando los metros correspondientes a los segmentos de calle por los que transitó, teniendo en cuenta además las veces que pasó por cada uno. De esta forma, se eliminó el problema relacionado con las fuentes de emisión móviles.
- Se vio, además, que a partir de conocer la cantidad de vehículos que pasan por cada segmento de calle, y saber la longitud de cada segmento, es posible saber los kilómetros acumulados por vehículos que pasan por ese lugar para luego, obtener los kilómetros totales recorridos sumando los correspondientes a cada segmento. Es aquí precisamente donde se aplica la información a nivel nacional respecto de la distribución de vehículos por tipo y por combustible utilizado para conocer cuantos fueron los kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo y por cada combustible. Esto permitió subsanar el segundo inconveniente presentado, relacionado con obtener los kilómetros recorridos por autos, camionetas, etcétera y para cada tipo de combustible: gasoil, nafta o GNC.

De este modo se ha podido constatar que, efectivamente, estas soluciones en conjunto han permitido resolver el problema considerado adoptando un enfoque analítico.

Es importante destacar que las emisiones provenientes de vehículos también dependen de la forma de manejo por parte del conductor y el estado del vehículo, entre otros factores. Por ese motivo, este tipo de estudios se realizan tomando valores promedio para las variables intervinientes, tal como se ha hecho. Por ende, resulta imposible en la práctica obtener un resultado cuantitativo exacto, de allí que el presente trabajo consiste en una estimación de la contaminación en lugar de una cuantificación exacta.

Es importante señalar que la información respecto a la distribución del parque automotor (Figura 7) es la más actual que se ha podido conseguir y data de 1997, con lo cual esa distribución ha variado sensiblemente en la actualidad. No obstante, la metodología desarrollada señala en qué etapa del cálculo se utiliza esa información y, en caso de obtener datos más actualizados, sólo se deben actualizar dichos valores y la metodología sigue siendo válida.

No se consideraron otros tipos de combustibles alternativos (biodiesel y etanol) dado que en el área analizada ninguno de ellos se comercializa.

Si bien existen trabajos similares que han estimado la contaminación del aire en zonas urbanas (Ravella et al. 2000, Aón 2003, Giacobbe et al. 2007, Aón 2006), los mismos han adoptado una metodología diferente, basadas principalmente en encuestas de viajes origen-destino para estimar las emisiones de áreas más extensas que las planteadas por este trabajo y por ese motivo no se han hecho comparaciones con centros urbanos de otras ciudades.

En base a los resultados obtenidos se analizaron posibles medidas para resolver la situación. Una de ellas fue la de convertir en peatonal la zona céntrica los días de fin de semana. Se especuló que esta propuesta, proporcionaría apreciables ahorros en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Por ende, se estaría contribuyendo en menor medida al calentamiento global. Además, tendría aparejados otros beneficios adicionales como el favorecer el tránsito a pie o en bicicleta por sobre el transporte privado. A su vez, el tránsito a pie o en bicicleta podría aportar beneficios en términos de salud debido al ejercicio físico que implican, hecho que se vería favorecido además por una mejor calidad del aire. Adicionalmente, al circular la gente a pie o en bicicleta por la plaza céntrica se favorecería más el contacto social, que es uno de los fines propios de una

plaza. A todo esto, quizás se verían beneficiados también los negocios de esa zona debido al incremento esperado en el número de gente a pie. Podrían darse también la posibilidad de nuevos puestos de trabajo, por ejemplo del rubro artesanal, como suele ocurrir cuando se realiza allí algún evento.

Más allá de la presente propuesta, se espera poder abrir un debate a nivel municipal acerca de éstas y otras problemáticas con el objetivo de analizar y adoptar medidas que permitan mejorar la calidad de vida de nuestra comunidad.

Se espera también que la idea pueda servir además para generar cada vez más conciencia acerca de la problemática ambiental y tiene la enorme ventaja de ser una medida de «costo cero», la que desde luego requerirá de voluntad política y social para llevarla a cabo.

Otra medida, más efectiva, consiste en educar para que sea la propia población la que reflexione acerca de sus hábitos cotidianos y obre de una manera más consecuente con la realidad. El volante creado tiene por objetivo contribuir, aunque sea modestamente, a que eso sea posible.

## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a aquellos docentes y/o alumnos del Instituto Su-

perior de Formación Docente y Técnica N° 74 que nos ayudaron en las tareas de medición de las calles y en los censos vehiculares. Ellos fueron: María Carla Sola, María Laura Arrese, Mónica Barbero, Dania Montes de Oca, Verónica Sires, Julio Rodríguez, Carolina García, Cristina Raymondo, M. Julia Acuña, Micaela Landa, Milton Barbero, Salvador Iuliano, Laura Oriolo, Carolina Callaud, Heidi Torres y M. Jimena Chinicola. A todos ellos, nuestro más sincero agradecimiento.

A Emilia y Constanza García, Luciana Ferreyra, Romina Castronuovo, Macarena Insausti, Jorge Salas, Anahí Insausti y Alejo Acevedo, quienes son amigos o familiares de los integrantes del grupo de trabajo, nos han brindado su ayuda en los trabajos de campo realizados, y les estamos muy agradecidos.

Hacemos extensivo nuestro agradecimiento también a la docente-investigadora de la U.N.L.P. Laura Aón, quien trabaja en el Instituto de Estudios del Hábitat (IDEHAB), perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U.N.L.P., por habernos suministrado material bibliográfico.

Por último, al Dr. Carlos Discoli, investigador del CONICET que también trabaja en el IDEHAB, por haber tenido la amabilidad de escuchar nuestra propuesta de trabajo y alentarnos a la realización del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aón, L., Olivera, H. y Ravella, O. (2003). «Evaluación de consumo energético y emisiones contaminantes en dos propuestas de transporte para el Gran La Plata». En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Salta: Editorial INENCO.
- Giacobbe, N., Frediani, J., Aón, L. y Ravella, O. (2007). «El consumo energético del sector transporte analizado desde la demanda. Aspectos metodológicos». En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Salta: Editorial INENCO.
- Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (1997). *Inventario de gases de efecto invernadero 1997: Transporte*.
- Aón, L., Olivera, H., Ravella, O. (2006). «Comportamiento ambiental de la movilidad urbana en los grandes aglomerados urbanos de la Argentina». En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Salta: Editorial INENCO.
- Ravella, O., Discoli, C., Aón, L. y Olivera, H. (2000). «Emisión de contaminantes vehiculares de origen energético en centros urbanos». En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Salta: Editorial INENCO.
- Sanz Alduán, A. (1999). «Transporte y sostenibilidad urbana: un camino sembrado de obstáculos». En García Espuche A. y Rueda, S. (eds.) *Debat de Barcelona (IV). La ciutat sostenible*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Diputación de Barcelona (2000). *Sistema municipal de indicadores de sostenibilidad*. Barcelona: Editorial Diputación Provincial de Barcelona: Instituto de Ediciones.